

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000076623 A**

(43) Date of publication of application: **14.03.00**

(51) Int. Cl

G11B 5/39

(21) Application number: **10240670**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: **26.08.98**

(72) Inventor: **HAYASHI KAZUHIKO**

(54) **FERROMAGNETIC TUNNEL COUPLING
ELEMENT, MAGNETIC SENSOR AND MAGNETIC
STORAGE SYSTEM**

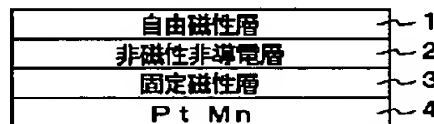
of NiFe/CoFe, or two layered film of NiFe/Co having
always an excellent orientation property (111).

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a high variation rate of magnetic resistance by arranging a nonmagnetic material layer between a free magnetic layer and a fixed magnetic layer, arranging a fixed magnetic layer between a magnetic layer and a layer to be fixed, making the nonmagnetic layer into non-conductive, and making the layer to be fixed into an alloy consisting of PtMn alloy as base material.

SOLUTION: For a layer 4 to be fixed, above all an alloy consisting of PtMn alloy as base material is selectively adopted among many materials. A non- magnetic layer 2 is arranged between a free magnetic layer 1 and a fixed magnetic layer 3, and the fixed magnetic layer 3 is arranged between the non- magnetic layer 2 and the PtMn layer 4 to be fixed. In order to obtain a tunnel coupling, the non-magnetic layer 2 is a non conductive layer. By using an alloy consisting of PtMn alloy as base material for the layer to be fixed, PtMn is able to apply a sufficiently enough big switched connection magnetic field to the fixed magnetic layer even without using a substrate layer such as NiFe, two layered film



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-76623
(P2000-76623A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

キーワード (参考)

5 D 0 3 4

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平10-240670

(22) 出願日

平成10年8月26日 (1998.8.26)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100102864

弁理士 工藤 実 (外1名)

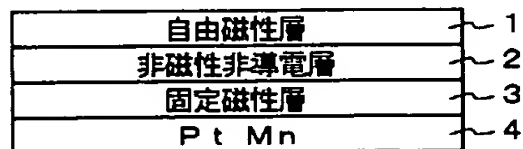
Fターム (参考) 5D034 BA05 BA15 BB08 CA08

(54) 【発明の名称】 強磁性トンネル結合素子、磁気センサ及び磁気記憶システム

(57) 【要約】

【課題】 強磁性トンネル接合を利用した磁気抵抗効果化素子において、十分なMR比と抵抗変化率とを両立できるようにすること。

【解決手段】 自由磁性層/非磁性層/固定磁性層/固定させる層、または、固定させる層/固定磁性層/非磁性層/自由磁性層を基本構成とするトンネル接合素子において、固定させる層にPtMn合金をベースとする合金を用いる。十分なMR比と高い抵抗変化率とを両立させて得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】自由磁性層と、

前記自由磁性層の一面側に形成される非磁性層と、
前記非磁性層の一面側に形成される固定磁性層と、
前記固定磁性層の一面側に形成される固定させる層とからなり、
前記非磁性層は前記自由磁性層と前記固定磁性層との間に配置され、
前記固定磁性層は、前記非磁性層と前記固定させる層との間に配置され、
前記非磁性層は非導電性であり、
前記固定させる層はPtMn合金をベースとする合金で形成されている強磁性トンネル結合素子。

【請求項2】請求項1に記載した強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサであり、
基板と、
前記基板の一面側に形成される下シールド層と、
前記自由磁性層の一面側に形成される上シールド層とからなり、
前記固定させる層は、前記固定磁性層と前記下シールド層との間に配置されている強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサ。

【請求項3】請求項2において、
前記下シールド層はパターン化され、
前記強磁性トンネル結合素子はパターン化され、
更に、
前記強磁性トンネル結合素子の端部に接する縦バイアス層と、
前記縦バイアス層の一面側に形成される下電極層とからなる強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサ。

【請求項4】請求項2において、
前記下シールド層はパターン化され、
前記強磁性トンネル結合素子はパターン化され、
更に、
前記強磁性トンネル結合素子の橋部に部分的に重合する縦バイアス層と、
前記縦バイアス層の一面側に形成される下電極層とからなる強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサ。

【請求項5】請求項1に記載した強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサであり、更に、
前記強磁性トンネル結合素子に対して絶縁層が介されて配置されているヨークとからなる強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサ。

【請求項6】請求項2、3、4又は5から選択される1請求項に記載される強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサであり、更に、
前記強磁性トンネル結合素子を通る電流を発生させるための発生手段と、
検出される磁界の関数として前記強磁性トンネル結合素子の磁気抵抗の変化率を検出するための検出手段とから

なる強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサ。

【請求項7】請求項6に記載される強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサであり前記磁気抵抗を検出するための磁気抵抗検出手段からなる磁気記憶システムであり、
データを記録する複数のトラックを備える磁気記憶手段と、
前記磁気記憶手段に前記データを記憶させるための磁気記録手段と、
10 前記磁気記録手段及び前記磁気抵抗検出手段を前記複数のトラックのうちから選択されるトラックへ移動させるための移動手段とからなる磁気記憶システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、強磁性トンネル結合素子に関し、特に、自由磁性層、非磁性非導電層、固定磁性層、固定させる層との4層構造からなりその磁気抵抗変化率が改良される強磁性トンネル結合素子、これを用いた磁気センサ及びこの磁気センサを用いた磁気記憶システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来技術は、磁気抵抗(MR)センサ又はヘッドと呼ばれる磁気読取り変換器を開示している。磁気読取り変換器は、磁気読取素子を備えている。このような磁気抵抗センサは、大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取ることができるセンサとして知られている。

【0003】このような磁気抵抗センサは、その磁気読取素子によって感知される磁束の強さと磁束の方向との関数として記述される抵抗変化を介して磁界信号を検出することができる。従来技術であるこのような磁気抵抗センサは、その読取素子の抵抗の1成分が磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向の間の角度の余弦の2乗に比例して変化する異方性磁気抵抗(AMR)効果に基づいて動作する。

【0004】そのAMR効果は、D. A. トムソン(T. H o m p s o n)等の論文"Memory, Storage, and Related Applications" IEEE Trans. on Mag. MAG-11, p.1039(1975)で詳しく述べられている。AMR効果を利用した磁気ヘッドでは、バルクハウゼンノイズを抑えるために、縦バイアスを印加することが多い。この縦バイアス印加材料として、FeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いることが有効であることが知られている。

【0005】さらに最近では、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導(伝導)電子のスピン依存性伝送、及び、それに付随する層界面でのスピン依存性散乱に帰されるより顕著な磁気抵抗効果が、特開平8-7235号に記載されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」、「スピン・バルブ

効果」など様々な名称で呼ばれている物理的現象である。このような効果を発揮する磁気抵抗センサは、適当な材料でできており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも、感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された1対の強磁性体層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。

【0006】1988年6月に優先権主張されている特開平2-61572号には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高い磁気抵抗変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。積層構造で使用可能な材料として、その明細書には強磁性の遷移金属及び合金が挙げられている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に固定させる層を付加した構造及び固定させる層としてFeMnが適当であることが開示されている。

【0007】1990年12月11日に優先権主張されている特開平4-358310号には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が零である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交し、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化し、センサ中を通る電流の方向とは独立な磁気抵抗センサが開示されている。

【0008】1990年8月22日に出版されている特開平4-103014号には、強磁性トンネル接合素子が開示されている。この強磁性トンネル接合素子は、強磁性層に他の中間層が挿入された多層膜として形成され、少なくとも一層の強磁性層に反強磁性体からのバイアス磁界が印加されることを開示し、強磁性トンネル効果膜に関して記載している。また、トンネル接合素子の反強磁性層としてFeMnを用いた例が、日本応用磁気学会学術講演集、1996年、1354ページに記載されている。

【0009】公知の強磁性磁気抵抗効果型素子の基本的積層構成の1つは、図15に示されるように（特開平10-91921号参照）、自由磁性層、非磁性層、固定磁性層、固定磁性層の磁化方向を固定させる固定させる層との4層構成である。公知提案のトンネル接合素子では、固定させる層にFeMnが用いられることが推奨されている。FeMnは、下地層として良好な(111)配向性を持つNiFe、NiFe/CoFe22層膜、もしくはNiFe/Co2層膜など（以下、FeMnで代表させる）を用いない限り、その交換結合膜として良好な特性を示さず、更に、その固定磁性層に十分な交換結合磁界を付与することができなかった。

【0010】このようなNiFe層が良好な(111)配向性を示すためには、更に、下地層としてTa、Zr、Cuなどといった金属材料を用いることが必要であった。このため、自由磁性層/非磁性層/固定磁性層/固

定させる層という構成の磁気トンネル効果素子の固定磁性層としてNiFeを用いると、強磁性トンネル接合を実現するためには、トンネル電流を出現させるための本質的な理由により、必然的に非磁性非導電膜が下地層として配置されるので、Ta、Zr、Cuなどといった金属材料を用いる余地がなく（NiFe層と非磁性層の間にTa金属層を介設すればトンネル素子がえられない）、結果として、十分な交換結合磁界を得ることができず、得られたトンネル素子の磁気抵抗の変化率（以下、磁気抵抗変化率又は単に変化率という）が小さく実用化が困難であった。

【0011】また、固定させる層/固定磁性層/非磁性層/自由磁性層という逆順序の構成を採用しても、同様の理由により固定させる層の更に下部にTa、Zr、Cuなどといった金属材料層とNiFe層を順次積層しなければならなかった。このような積層構造は、膜厚の増大による非磁性層と磁性層との界面のラフネス増大につながり、磁気抵抗比（変化率）の低下を招く結果となっている。

【0012】自由磁性層/非磁性層/固定磁性層/固定させる層の4層構造の今後の磁気抵抗効果型トンネル素子は、十分に大きい交換結合磁界が印加され、十分な磁気抵抗比と抵抗変化率とが両立するものであることが求められる。FeMnとその下地層との物性に関する知見が、既出の特開平10-91921号で述べられている。これは、図15の4層のうちの第2層に相当するものが、非磁性導電性層であり、強磁性トンネル接合素子として開示されていない。強磁性トンネル接合素子の4層構造の固定させる層のために好適な物性を持った材料は、これが新たに見出されることが求められる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、自由磁性層、非磁性層、固定磁性層、固定させる層とからなる4層構成の磁気抵抗変化率がより高い強磁性トンネル結合素子、これを用いた磁気センサ、磁気記憶システムを提供することにある。本発明の他の課題は、固定させる層の下地の材料の選択がより自由な強磁性トンネル結合素子、これを用いた磁気センサ、磁気記憶システムを提供することにある。本発明の更に他の課題は、4層のうちの固定磁性層に十分に大きい交換結合磁界を印加して素子として実用化が可能な強磁性トンネル結合素子、これを用いた磁気センサ、磁気記憶システムを提供することにある。本発明の更に他の課題は、磁気抵抗変化率が十分に高い強磁性トンネル結合素子、これを用いた磁気センサ、磁気記憶システムを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明による強磁性トンネル結合素子は、自由磁性層と、前記自由磁性層の一面側に形成される非磁性層と、前記非磁性層の一面側に形成される固定磁性層と、前記固定磁性層の一面側に形成

される固定させる層とからなり、前記非磁性層は前記自由磁性層と前記固定磁性層との間に配置され、前記固定磁性層は、前記非磁性層と前記固定させる層との間に配置され、前記非磁性層は非導電性であり、前記固定させる層はPtMn合金をベースとする合金で形成されている。

【0015】このような自由磁性層/非磁性層/固定磁性層/固定させる層、または、固定させる層/固定磁性層/非磁性層/自由磁性層を基本構成とするトンネル接合素子において、固定させる層にPtMn合金をベースとする合金を用いることにより、PtMnは、必ずしも良好な(111)配向性を持つNiFe、NiFe/CoFe₂層膜、もしくはNiFe/Co₂層膜のような下地を用いなくても、固定磁性層に十分に大きな交換結合磁界を印加することができる。

【0016】なぜPtMn層がFeMn層に比べて磁性層に高い抵抗変化率を持たせるのか、即ち、PtMnは、FeMnと比較して下地層を選ばずなぜ十分に大きいHexが印加されるのか、その理由は、現在、物理的にも経験則的にも分かっていない。

【0017】このように、非導電の非磁性層を介して形成される2磁性層により、トンネル結合素子が形成されている。固定させる層に用いられているPtMn層は、これに接する層である下地層の配向性に影響を受けにくい。このため、固定させる層がPtMn層である本発明によるトンネル結合素子は、固定させる層がFeMn層である従来のトンネル結合素子に比べて、その磁気抵抗変化率が高い。

【0018】このように磁気抵抗変化率が高い強磁性トンネル結合素子を用いて、磁気センサを製作することができる。本発明による強磁性トンネル結合素子を用いた磁気センサは、既述の本発明による強磁性トンネル結合素子の4層構造に上下のシールド層を追加することにより形成することができる。基板の一面側に形成される下シールド層と、自由磁性層の一面側に形成される上シールド層とが追加され、その固定させる層は、固定磁性層と下シールド層との間に配置される。

【0019】この場合、下シールド層、強磁性トンネル接合素子とは、パターン化されていることが好ましい。更に、強磁性トンネル接合素子の端部に接する縦バイアス層、その縦バイアス層の一面側に形成される下電極層とが慣用上追加されることになる。

【0020】このような既述の磁気センサは、ヨーク、強磁性トンネル結合素子を通る電流を発生させるための発生手段、検出される磁界の関数として強磁性トンネル結合素子の磁気抵抗の変化率を検出するための検出手段、磁気抵抗を検出するための磁気抵抗検出手段からなる磁気記憶システムが構築され、データを記録する複数のトラックを備える磁気記憶手段、磁気記憶手段にそのデータを記憶させるための磁気記録手段、その磁気記録

手段及び磁気抵抗検出手段を複数のトラックのうちから選択されるトラックへ移動させるための移動手段とが更に追加されて、新規且つ有用な磁気記録システムが構築されることになる。

【0021】表1及び表2に下地層/固定させる層/NiFe層(10nm)及び下地層/NiFe層(10nm)/固定させる層という構成において、下地に種々の材料を用いた場合にPtMn層からNiFe層へ印加される交換結合磁界Hexの値を示している。NiFe層としてはNi₈₂Fe₁₈(組成はターゲットの組成at%(以下すべて同じ))、固定させる層としてはPt₄₆Mn₅₄(25nm)及びFe₅₀Mn₅₀(10nm)を用いた。作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用いた。成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2Torrである。PtMnを用いた場合はいずれの場合も十分な大きさのHexの値が得られていることがわかる。

【0022】

【表1】下地層/固定させる層/NiFe層(10nm)という構成における交換結合磁界Hex(Oe)(固定させる層がPtMn、FeMnである場合の比較。かつこ

内は膜厚(nm))
 下地層種類: PtMn: FeMn;
 Ta(3)/Ni₈₂Fe₁₈(3): 200: 100;
 Zr(3)/Ni₈₂Fe₁₈(3): 190: 190;
 W(3)/Ni₈₂Fe₁₈(3): 180: 90;
 Ta(3)/Ni₈₂Fe₁₈(3)/Co₉₀Fe₁₀(2): 180: 85;
 Ta(3)/Ni₈₂Fe₁₈(3)/Co(2): 170: 80;
 Ni₈₂Fe₁₈(3): 160: 10;
 Ta(3): 180: 0;
 Zr(3): 170: 0;
 W(3): 160: 0;
 Al₂O₃(3): 160: 0;
 SiO₂(3): 160: 0;
 Al₂O₃(3)/Ni₈₂Fe₁₈(3): 180: 5;
 SiO₂(3)/Ni₈₂Fe₁₈(3): 170: 5;
 下地無し: 150: 0;

【0023】

【表2】下地層/NiFe層(10nm)/固定させる層という構成における交換結合磁界Hex(Oe)(固定させる層がPtMnとFeMnの場合の比較。○内は膜厚(nm))

下地層種類: PtMn: FeMn;
 Ta(3): 190: 0;
 Zr(3): 180: 0;
 W(3): 160: 0;
 Al₂O₃(3): 170: 0;
 SiO₂(3): 160: 0;
 下地無し: 160: 0;

【0024】

【発明の実施の形態】図1は、本発明による強磁性トン

ネル結合素子の実施の形態を示し断面図である。その強磁性トンネル結合素子10は、上層から下層に順番に、自由磁性層1と、自由磁性層1の一面側に形成される非磁性層2と、非磁性層2の一面側に形成される固定磁性層3と、固定磁性層3の一面側に形成される固定させる層4とからなる。

【0025】層の順番を正確に言えば、非磁性層2は自由磁性層1と固定磁性層3との間に配置され、固定磁性層3層は、非磁性層2と固定させる層4との間に配置される。トンネル接合をうるために、非磁性層2は非導電層であり、非磁性層2は以下、非磁性非導電性層といわれる。固定させる層4は、特に、PtMn合金をベースとする合金が多様な材料の中から選択されて採択されている。

【0026】図2は、このような4層積層構造の強磁性トンネル結合素子（磁気抵抗効果素子10ともいう）をより具体的に更に多層化したシールド型磁気抵抗効果素子を示し、断面図である。このようなタイプ（シールド型）の磁気抵抗効果素子は、基体5を備えている。基体5上に下シールド層6と下電極層7とが形成されている。下シールド層6の上面に、磁気抵抗効果素子（強磁性トンネル結合素子）10が形成されている。強磁性トンネル結合素子10の上面に、上電極層9、上シールド層8が積層されている。

【0027】磁気抵抗効果素子10は、PR工程により適当な大きさ、形状にパターン化されている。その両端部には、図3に示されるように、縦バイアス層11が強磁性トンネル結合素子10に接して形成されている。縦バイアス層11は、図4に示されるように、その一部が強磁性トンネル結合素子10に接し、又は、その一部が強磁性トンネル結合素子10に重合するように形成され配置されることができる。

【0028】図2のタイプの下シールド層6としては、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.3～10μmの範囲で適用可能である。下電極層7および上電極9としては、Zr、Ta、Moからなる単体もしくは合金もしくは混合物が望ましい。膜厚範囲は0.01～0.10μmであることが好ましい。

【0029】縦バイアス層11としては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、IrMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、CrMn、Ni酸化物、鉄酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜等を用いることができる。

【0030】上シールド層8には、NiFe、CoZ

r、又は、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.3～10μmの範囲で適用可能である。

【0031】図5は、本発明による強磁性トンネル結合素子10を適用した磁気センサのヨーク型ヘッドを示し、断面図である。ヨーク型ヘッド10'は、強磁性体基板5'を備えている。基板5'には、溝12が形成されている。溝12は、非磁性絶縁体13で埋められ充填されている。強磁性体基板5'には、MnZn、フェライト、MnZnフェライト、MgZnフェライトが用いられうる。非磁性絶縁体13には、アルミナ、SiO₂、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンが用いられうる。

【0032】非磁性絶縁体13の上面に、下非磁性層14が形成されている。下非磁性層14の上面に、下電極15/下磁極16が形成されている。下電極15/下磁極16の上面側に磁気抵抗効果素子10が形成されている。下非磁性層14の上面に上非磁性層17が形成されている。上非磁性層17及び強磁性トンネル結合素子10の上面に、上磁極19/上電極21が形成されている。

【0033】下電極15、上電極21には、Auが用いられている。下磁極16、上磁極19には、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトが用いられうる。

【0034】磁気抵抗効果素子10の端部には、磁気抵抗効果素子磁区制御用の縦バイアス層11が、図3、4で既述したように、強磁性トンネル結合素子10に接して又は強磁性トンネル結合素子10の一部に重合して、形成されている。縦バイアス層11には、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni酸化物、NiCo酸化物、IrMn、PtPdMn、ReMnが用いられうる。

【0035】図6は、本発明による強磁性トンネル結合素子10を適用した磁気センサのフラックスガイド型ヘッドを示し、断面図である。フラックスガイド型ヘッドは、基体5を備えている。基体5の上面に、下シールド層22が形成されている。下シールド層22には、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZ

nフェライト、MgZnフェライトが用いられうる。

【0036】下シールド層22の上面に下電極23/下磁極24が形成されている。下電極23には、Auが用いられている。下磁極24には、NiFe、CoZr、又は、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZ、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトが用いられうる。

【0037】下電極23/下磁極24の上面に、磁気抵抗効果素子10が形成されている。下電極23/下磁極24は、強磁性トンネル結合素子10にオーバーラップして形成されている。強磁性トンネル結合素子10の上面に、上磁極25/上電極26が形成されている。上磁極25/上電極26の材料は、下磁極、下電極の材料に同じである。上磁極25/上電極26の上面に、上シールド層27が形成されている。

【0038】上シールド層27には、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトが用いられうる。

【0039】磁気抵抗効果素子10の端部には、磁気抵抗効果素子磁区制御用の縦バイアス層11が、図3、4で既述したように、強磁性トンネル結合素子10に接して又は強磁性トンネル結合素子10の一部が重合して、形成されている。縦バイアス層11には、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni酸化物、NiCo酸化物、IrMn、PtPdMn、ReMnが用いられうる。

【0040】このようなシールド型素子、ヨーク型素子、フラックスガイド型素子とは、インダクティブコイルによる書き込みヘッド部を形成させることにより、記録再生一体型ヘッドとして用いることができるようになる。図7は、そのような記録再生ヘッドの概念図である。記録再生ヘッド100は、本発明による素子10を用いた再生ヘッド、インダクティブ型の記録ヘッドとからなる。

【0041】ここでは長手磁気記録用の記録ヘッドの搭載例が示されている。本発明による磁気抵抗効果素子10を垂直磁気記録用ヘッドと組み合わせて垂直記録に用いることができる。図には、シールド型素子が示されているが、ヨーク型素子およびフラックスガイド型素子にも適用することもできる。

【0042】再生ヘッド41は、基体上面側の下シールド/下電極42、磁気抵抗効果素子10、上シールド/上電極43とからなる。磁気抵抗効果素子10は、下シ

ールド/下電極42と上シールド/上電極43との間に配置されている。記録ヘッド44は、磁極45(上シールド/上電極と兼用されている)、コイル46、上磁極47とからなる。コイル46は、磁極45と上磁極47との間に配置されている。上シールド/上電極43の上部シールド(膜)と磁極45の下部磁性膜とは共通でよいが、これらは別々に設けられることができる。

【0043】このようなヘッドは、記録媒体上に信号を書き込み、記録媒体から信号を読み取ることができる。再生ヘッド41の感知部分と記録ヘッド44の磁気ギャップとをこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することにより、同トラックに同時に位置決めすることができる。このようなヘッドをスライダに加工して磁気記録再生装置に搭載する。

【0044】図8は、本発明による磁気抵抗効果素子10を用いた磁気記録再生装置を示し、概念図である。ヘッドスライダを兼ねる基板上に、既述の積層構造と同じく、下シールド/下電極51、磁気抵抗効果素子10、上シールド/上電極52を形成し、このような3層構造体を記録媒体53上に位置決めして再生を行う。

【0045】記録媒体53は回転し、ヘッドスライダは記録媒体53の上を0.2μm以下の高さ、又は、接触状態で対抗して相対運動する。このような構造は、磁気抵抗効果素子10が記録媒体53に記録された磁気的信号をその漏れ磁界54から読み取ることのできる位置に磁気抵抗効果素子10を位置づけて設定することができる。

【0046】磁気抵抗効果素子は、以下の積層構成から選択することができる。

- (1) 基体/下地層/フリー磁性層/非磁性層/固定磁性層/固定させる層/保護層
- (2) 基体/下地層/フリー磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性層/固定磁性層/固定させる層/保護層
- (3) 基体/下地層/フリー磁性層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定磁性層/固定させる層/保護層
- (4) 基体/下地層/フリー磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定磁性層/固定させる層/保護層
- (5) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/非磁性層/フリー磁性層/保護層
- (6) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性層/フリー磁性層/保護層
- (7) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー磁性層/保護層
- (8) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー磁性層/保護層

【0047】金属下地層としては、Zr又はZrに他元素を添加した材料を用いることができる。添加元素としては、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、P

t, Ni, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, V等が適当である。

【0048】フリー（自由）磁性層としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料から任意に選択して用いることができる。

【0049】非磁性非導電層としては、金属酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／（酸化物と窒化物との混合物）2層膜から任意に選択して用いることができる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、または、Si、Al、Ti、Taのグループからなる酸化物および窒化物の単体もしくは混合物、または、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、V、Yのグループの少なくとも1つの元素からなる単体もしくは合金を上記酸化物および窒化物の単体もしくは混合物と組み合わせた2層膜が有力な候補となる。

【0050】第1および第2MRエンハンス層としては、Co、NiFeCo、FeCo等、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数が低減する。

【0051】固定磁性層としては、Co、Ni、Feをベースにするグループからなる単体、合金、または積層膜を用いることができる。固定させる層としては、PtMnもしくはPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料を用いることができる。

【0052】保護層としては、金属、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／（酸化物と窒化物との混合物）2層膜を用いることができる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、または、Si、Al、Ti、Taのグループからなる酸化物および窒化物の単体もしくは

は混合物、または、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、V、Yのグループの少なくとも1つの元素からなる単体もしくは合金を上記酸化物および窒化物の単体もしくは混合物と組み合わせた2層膜が有力な候補となる。

【0053】〔比較例〕従来と同じFeMnを固定させる層に用いて磁気抵抗効果膜を作成した。膜構成は、ガラス基板／Ta(3nm)/Ni82Fe18(6nm)/Co90Fe10(1nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(3nm)/Fe50Mn50(10nm)/Ta(3nm)である。○内の記載は、膜厚である。成膜にはDCマグネトロンスパッタ装置を用いた。成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrである。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torr（□の中の-9は、マイナス9乗を示す、以下同様）の真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。

【0054】図9はこの磁気抵抗効果膜のM-Hループを示す。反転磁界が完全に2段にはなっておらず、固定させる層4から固定磁性層3へきちんと交換結合磁界Hexが付与されていないことがわかる。Hexの値は10Oe程度であった。図10は、そのR-Hループを示す。その抵抗変化率は4%であった。

【0055】〔実施例〕ガラス基板／Ta(3nm)/Ni82Fe18(6nm)/Co90Fe10(1nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Ta(3nm)という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用いた。成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrである。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することにより、Alを自然酸化させた。成膜後に、500Oeの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。

【0056】図11は、この磁気抵抗効果膜のM-Hループを示す。反転磁界が2段になっており固定させる層4から固定磁性層へきちんと交換結合磁界が付与されていることがわかる。図12はR-Hループを示す。抵抗変化率は23%であった。

【0057】次に下地層の種類を変えて、従来のFeMn及び本発明によるPtMnを固定させる層に用いて、Hex及びMR比を比較した。膜構成（表3）は、ガラス基板／下地層/Ni82Fe18(6nm)/Co90Fe10(1nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(3nm)/反強磁性層/Ta(3nm)という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。反強磁性層にはFe50Mn50(10nm)及びPt46Mn54(25nm)を用いた。その作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用いた。成膜電流は0.1

A、成膜ガス圧は2mm Torrである。

【0058】 Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。PtMnの場合は、成膜後に5000eの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。FeMnの場合は成膜後の処理は行わなかった。

【0059】

【表3】 種々の下地層を用いた場合の磁気抵抗効果膜の交換結合磁界Hex及びMR(固定させる層がPtMnとFeMnの場合の比較。()内は膜厚(nm))

下地層種類: Hex:MR比(PtMn):Hex:MR比(FeMn);

Ta(3): 430:23:10:4;

Zr(3): 420:20:8:3;

W(3): 440:21:6:2;

Hf(3): 410:22:8:2;

Y(3): 400:21:6:3;

Al酸化物(3): 420:22:0:0.4;

Si酸化物(3): 410:21:0:0.3;

Al窒化物(3): 420:22:0:0.4;

Si窒化物(3): 410:22:0:0.4;

下地無し: 420:18:0:0.4;

【0060】 次に、膜構成を変えて、従来と同じFeMnを固定させる層に用いて磁気抵抗効果膜を作成した。その膜構成は、ガラス基板/Ta(3nm)/Fe50Mn50(10nm)/Co90Fe10(3nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(1nm)/Ni82Fe18(6nm)/Ta(3nm)である。成膜にはDCマグネトロンスパッタ装置を用いた。成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mm Torrである。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することにより、Alを自然酸化させた。図13はR-Hループを示す。抵抗変化率は12%であった。

【0061】 更に、ガラス基板/Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co90Fe10(3nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(1nm)/Ni82Fe18(6nm)/Ta(3nm)という構成で磁気抵抗効果膜を作成した。作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用いた。成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mm Torrである。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し、1時間保持することにより、Alを自然酸化させた。成膜後に、5000eの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。図14はそのR-Hループを示す。抵抗変化率は21%であった。

【0062】 次に、下地層の種類を変えて、従来のFeMn及び本発明によるPtMnを固定させる層に用いて、Hex及びMR比を比較した。膜構成(表4)は、ガラス基板/反強磁性層/Co90Fe10(3nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(1nm)/Ni82Fe18(6nm)/Ta(3nm)という構成である。反強磁性層には、Fe50Mn50(10nm)及びPt46Mn54(25nm)を用いた。作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用いた。成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mm Torrである。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することにより、Alを自然酸化させた。PtMnの場合は、成膜後に5000eの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。FeMnの場合は成膜後の処理は行わなかった。

【0063】

【表4】 種々の下地層を用いた場合の磁気抵抗効果膜の交換結合磁界Hex及びMR比(固定させる層がPtMnとFeMnの場合の比較。()内は膜厚(nm))

下地層種類: Hex:MR比(PtMn):Hex:MR比(FeMn);

Ta(3): 420:22:260:12;

Zr(3): 410:21:250:11;

W(3): 430:22:240:11;

Hf(3): 420:22:220:10;

Y(3): 410:21:180:10;

Al酸化物(3): 420:21:0:0.4;

Si酸化物(3): 420:22:0:0.3;

Al窒化物(3): 430:21:0:0.3;

Si窒化物(3): 420:21:0:0.4;

下地無し: 360:17:0:0.4;

【0064】 図2のタイプのシールド型素子に本発明の磁気抵抗効果素子を適用した。このとき、下シールド層としてはNiFeを用いた。磁気抵抗効果膜としては、Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co90Fe10(3nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Ta(3nm)を用いた。膜形成後には、250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜はフォトレジスト工程により $1 \times 1 \mu\text{m}$ の大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。上シールド層としてはNiFeを用いた。このヘッドを図6のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は $1.5 \mu\text{m}$ 、書き込みギャップは $0.2 \mu\text{m}$ 、読み込みトラック幅は $1.0 \mu\text{m}$ とした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。

【0065】この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果化素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、200℃、500Oe磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は2.5mV、S/Nは29dB、再生出力が半減するマーク長(周波数)は237kFC1、ビットエラーレートは10⁻⁶以下であった。再生波形の対称性も良好であった。

【0066】図5のタイプのヨーク型素子における磁気抵抗効果素子に本発明の磁気抵抗効果化素子を適用した。このとき、基体にはMnZnフェライト、非磁性絶縁体には酸化Si、下非磁性層および上非磁性層にはAl酸化物、電極にはAu、磁極にはTa(3nm)とNiFe(10nm)とを交互に積層してトータルの厚みを200nmにした膜を用いた。磁気抵抗効果膜としては、Ta(3nm)/Ni82Fe18(6nm)/Co90Fe10(1nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Ta(3nm)を用いた。膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に500Oeの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜はフォトレジスト工程により1×1μmの大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。このヘッドを図7のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。

【0067】この際、書き込みトラック幅は1.5μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は1.0μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果化素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、200℃、500Oe磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。

【0068】この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は3.0mV、S/Nは35dB、再生出力が半減するマーク長(周波数)は275kFC1、ビットエラーレートは10⁻⁶以下であった。再生波形の対称性も良好であった。

【0069】図6のタイプのフラックスガイド型素子に本発明の磁気抵抗効果素子を適用した。このとき、下シ

ールドおよび上シールドにはNiFeを、電極にはAu、磁極にはTa(3nm)とNiFe(10nm)とを交互に積層してトータルの厚みを200nmにした膜を用いた。磁気抵抗効果膜としては、

Ta(3nm)/Ni82Fe18(6nm)/Co90Fe10(1nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Ta(3nm)

膜を用いた。膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に500Oeの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜はフォトレジスト工程により1×1μmの大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。

【0070】このヘッドを図7のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は1.0μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。

【0071】この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果化素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200℃、500Oe磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は1.8mV、S/Nは27dB、再生出力が半減するマーク長(周波数)は280kFC1、ビットエラーレートは10⁻⁶以下であった。再生波形の対称性も良好であった。

【0072】次に本発明を適用して試作された磁気ディスク装置の説明をする。磁気ディスク装置はベース上に3枚の磁気ディスクを備え、ベース裏面にヘッド駆動回路及び信号処理回路と入出力インターフェイスとを収めている。外部とは32ビットのバスラインで接続される。磁気ディスクの両面には6個のヘッドが配置されている。ヘッドを駆動するためのロータリーアクチュエータとその駆動及び制御回路、ディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。

【0073】ディスクの直径は46mmであり、データ面は直径10mmから40mmまでを使用する。埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。本装置は、小型コンピュータの外部記憶装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒5から20メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き、本装置を複

10

20

30

40

50

数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

【0074】

【発明の効果】本発明による強磁性トンネル結合素子、これを用いた磁気センサ、磁気記憶システムは、従来より高い抵抗変化率を得ることができる。更に、記録再生出力及びS/Nが高い磁気抵抗効果センサおよびシステムを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明による強磁性トンネル結合素子の積層構造を示す断面図である。

【図2】図2は、シールド型センサの代表的な構成を示す断面図である。

【図3】図3は、縦バイアス膜の配置概念を示す平面断面図である。

【図4】図4は、縦バイアス膜の他の配置概念を示す平面断面図である。

【図5】図5は、ヨーク型磁気抵抗センサの代表的な構成を示す断面図である。

【図6】図6は、フラックスガイド型磁気抵抗センサの代表的な構成を示す断面図である。

【図7】図7は、記録再生ヘッドの概念を示す概念図である。

【図8】図8は、磁気記録再生装置の概念を示す概念図である。

【図9】図9は、磁気抵抗効果膜のM-Hループを示すグラフである。

【図10】図10は、磁気抵抗効果膜のR-Hループを示すグラフである。

【図11】図11は、磁気抵抗効果膜のM-Hループを示すグラフである。

【図12】図12は、磁気抵抗効果膜のR-Hループを示すグラフである。

【図13】図13は、磁気抵抗効果膜のR-Hループを示すグラフである。

【図14】図14は、磁気抵抗効果膜のR-Hループを

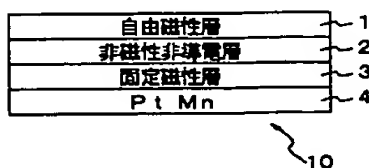
示すグラフである。

【図15】図15は、公知の磁気抵抗効果素子の積層構造を示す断面図である。

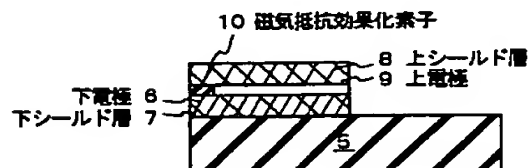
【符号の説明】

- 1…自由磁性層
- 2…非磁性層
- 3…固定磁性層
- 4…固定させる層
- 5'…強磁性体基体5
- 6…下シールド層
- 7…下電極層
- 8…上シールド層
- 9…上電極層
- 10…磁気抵抗効果素子（強磁性トンネル結合素子）
- 11…縦バイアス層
- 15…下電極
- 16…下磁極
- 17…上非磁性層
- 19…上磁極
- 21…上電極
- 22…下シールド層
- 23…下電極
- 24…下磁極
- 25…上磁極
- 26…上電極
- 27…上シールド層
- 41…再生ヘッド
- 42…下シールド／下電極
- 43…上シールド／上電極
- 45…磁極
- 46…コイル
- 47…上磁極
- 51…下シールド／下電極
- 52…上シールド／上電極
- 100…記録再生ヘッド

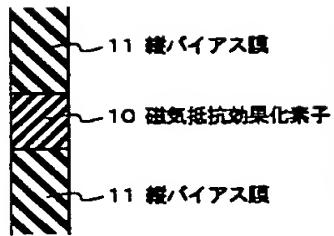
【図1】



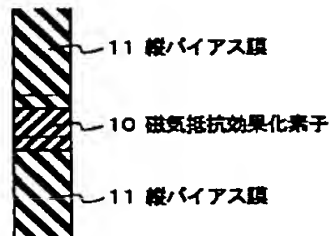
【図2】



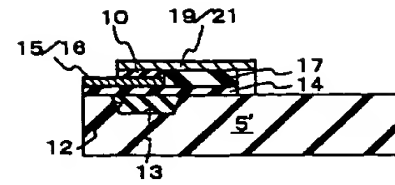
【図3】



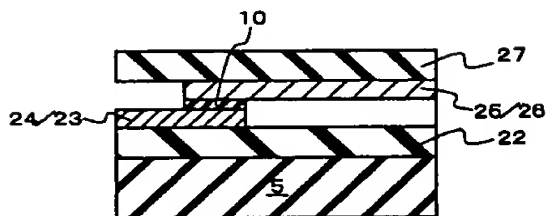
【図4】



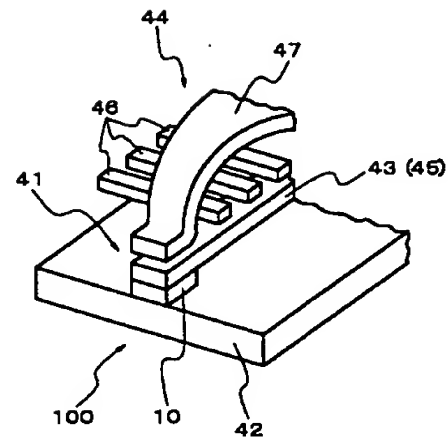
【図5】



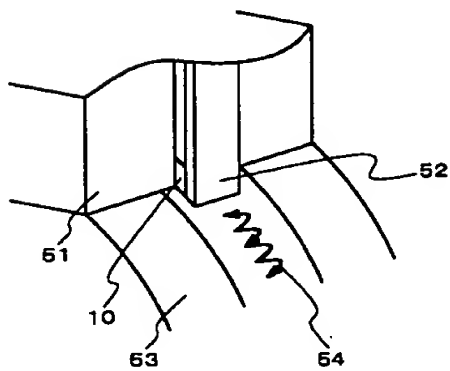
【図6】



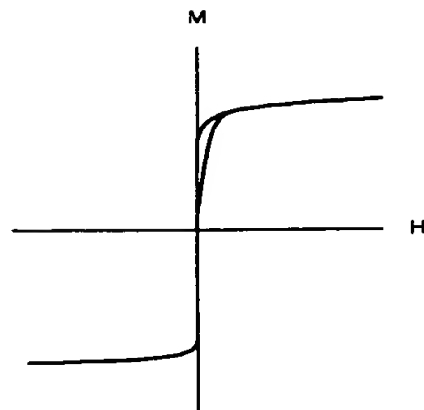
【図7】



【図8】



【図9】



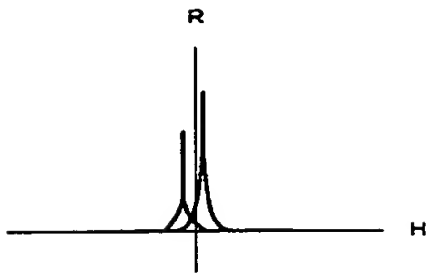
【図15】

従来技術

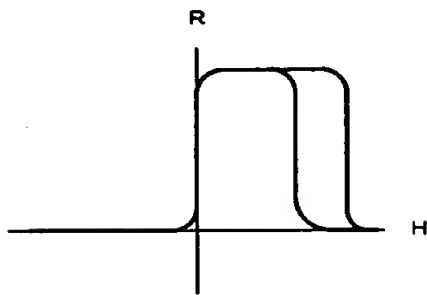
基本積層構成 公知提案積層構成

自由磁性層	—
非磁性層	—
固定磁性層	NiFe
固定させる層	FeMn

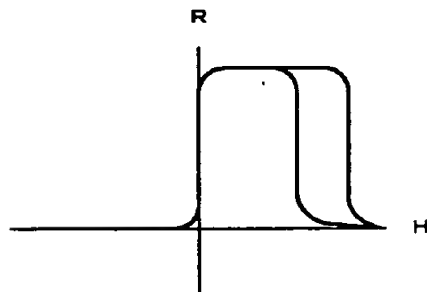
【図10】



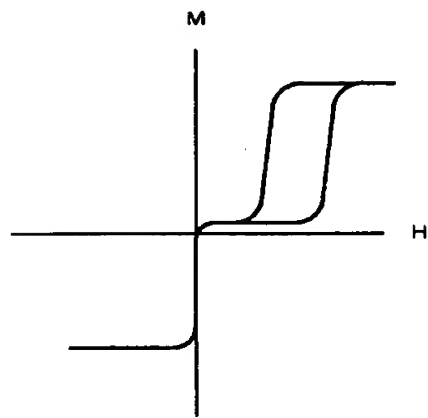
【図12】



【図14】



【図11】



【図13】

